

방정식근의 비교를 이용한 PV Cell Parameter 추출 방법

박현아, 유태식, 이성민, 김효성
공주대학교 전기전자제어공학부

Parameterization algorithm for PV cell by comparison of the root of equation

Hyeonah Park, Taesik Yu, Sungmin Lee, Hyosung Kim
School of EE and control Engineering, Kongju National University

ABSTRACT

본 논문에서는 PV Simulator의 운전시 기존 방식에 비해 성능이 우수한 PV Cell Modeling 알고리즘을 제안한다. PV Simulator가 PV Cell의 비선형적인 I-V 특성을 구현하기 위해서는 제조사가 제공하는 3가지 운전점(단락회로운전, 개방회로운전 및 최대전력운전)에서의 전압, 전류 데이터를 이용하여 빠르고 정확하게 PV Cell 등가회로의 파라미터 값을 추출하여야 한다. 본 논문에서는 방정식 근을 비교하는 방식을 이용하여 기존 방식에 비해 실리콘 결정형 및 박막형 셀을 포괄하는 빠르고 정확한 등가회로 파라미터 추출방법을 제시하고, 제안한 모델링 방법에 대한 유효성을 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

1. 서론

현재 PV Cell Modeling을 위한 알고리즘이 많이 제시되어 있다. 기존의 모델은 Datasheet의 I-V Curve에 비교적 근접하게 도달한다는 장점이 있다. 하지만 PV Panel의 재질에 따라 적용이 안 되거나, Diode quality(ideality) factor인 a 의 값을 외부에서 임의로 지정하는 등의 단점이 존재한다. 이러한 알고리즘을 장비에 적용할 경우 효율이 떨어지게 된다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 본 논문에서는 새로운 알고리즘을 제시한다.^[1]

2. PV Cell Modeling

2.1 기존의 PV Cell Modeling

PV Cell Modeling을 하기 위한 PV Cell 등가회로를 나타내면 그림 1과 같다.

$$i = I_{ph} - I_o \left(e^{\frac{v + iR_s}{n_s v_t}} - 1 \right) - \frac{v + iR_s}{R_{sh}} \quad (1)$$

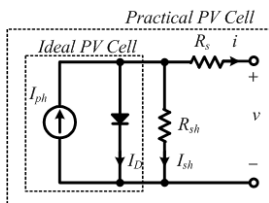


그림 1 PV Cell의 단일 등가회로

I_{ph} : Current generated by the incident light
 I_o : Diode saturation current
 R_{sh} : Cell parallel(shunt) resistance, R_s : Cell series resistance
 n_s : Number of PV Cells connected in series
 v_t : Ideal unit Cell thermal voltage (akT/q)
 a : diode quality (ideality) factor
 k : Boltzmann's constant(1.381×10^{-23}), q : Charge of the electron(1.602×10^{-19})
 T : Kelvin Temperature at standard test condition($25+273.15$)

PV Cell 제조사에서 제공하는 Datasheet에는 I-V Curve를 그리기 위한 3개의 Remarkable Point인 V_{oc} , I_{sc} , P_{MPP} 를 주는데, 이 값을 토대로 PV Cell Modeling을 하기 위해서 필요한 파라미터인 R_s , R_{sh} , I_{ph} , I_o , v_t 를 도출해내야 한다. 이렇게 PV 파라미터를 도출하는 방법을 PV Cell Modeling이라고 한다.

2.2 기존의 알고리즘

기존의 알고리즘은 Diode quality factor인 a 의 값을 사용자가 외부에서 조정하여 Curve fitting을 해야 하는 단점이 있다.

Diode quality factor인 a 값에 의한 I-V Curve를 나타내면 그림 2와 같다.

a 의 값을 사용자가 알 수 없으므로 임의로 지정을 해야 하는데, 위의 그림과 같이 a 의 값에 따라 Curve가 변하는 것을 확인할 수 있다. 대표적으로 Villalva 알고리즘의 경우 제조사가 제공하는 Datasheet의 I-V Curve에 맞추어 a 값을 시행착오적인 방법으로 구해야 하는 어려움이 있으며, 프로그램으로 구현 시 많은 횟수를 반복해야 결과를 얻을 수 있다는 단점이 있다.^[1] 또한 아몰퍼스박막형과 같이 PV Panel의 재료성분에 따라 특성곡선의 패턴이 달라지면 결과에 큰 오차가 발생한다.

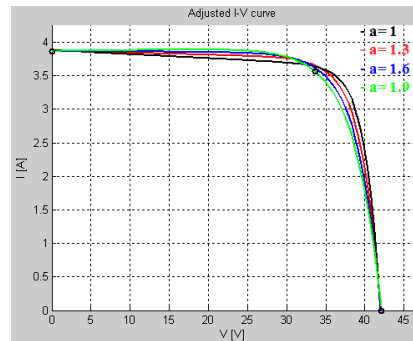


그림 2 a 값에 따른 I-V Curve 비교

2.3 제안된 PV Cell Modeling

기존의 단점을 보완하고자 개선된 HSK 알고리즘을 제안한다. HSK 알고리즘의 수식 전개는 다음과 같다.

$$R_{s_max} = \frac{V_{oc} - V_{MPP}}{I_{MPP}} \quad (2)$$

$$R_{s_step} = \frac{R_{s_max}}{1000} \quad (3)$$

이 알고리즘에서는 R_s 를 R_{s_trial} 이라고 하며, R_{s_trial} , v_t , R_{sh} 를 아래 식(4), (5), (6)을 이용하여 초기화를 시킨 뒤, 구조문을 사용하여 최종 R_{s_trial} , R_{sh} , v_t 를 구하게 된다.

$$R_{s_trial} = R_{s_trial} + R_{s_step} \quad (4)$$

$$v_t = \frac{1.25kT}{q} \quad (5)$$

$$R_{sh} = \frac{N_2 R_s^2 + N_1 R_s + N_0}{(I_{MPP} - I_{sc})R_s + I_{sc}R_{MPP} - V_{MPP} - n_s v_t} \quad (6)$$

$$v_t = \frac{I_{sc}R_{s_trial} - V_{oc}}{n_s \ln \left[\frac{n_s v_t R_{s_trial}}{(I_{sc}R_{sh} + I_{sc}R_{s_trial} - V_{oc})(R_{sh} - R_{s_trial})} \right]} \quad (7)$$

$$R_{s_root} = \frac{-(BD_0 - DN_0)}{(CD_0 + BD_1 - DN_1)} \quad (8)$$

$$N_2 = I_{sc} - I_{MPP} \quad (9)$$

$$N_1 = n_s v_t - I_{sc}R_{MPP} \quad (10)$$

$$N_0 = R_{MPP}(V_{MPP} - n_s v_t) \quad (11)$$

$$B = -V_{MPP} + \frac{n_s v_t I_{MPP} V_{oc}}{I_{sc} V_{MPP}} \quad (12)$$

$$C = I_{sc} - I_{MPP} - \frac{n_s v_t I_{MPP}}{V_{MPP}} \quad (13)$$

$$D = I_{MPP} - I_{sc} - I_{sc} e^{\frac{V_{oc}}{n_s v_t}} \quad (14)$$

R_{s_trial} 은 R_{s_step} 만큼씩 증가하며, v_t 의 경우 a 값을 별도로 지정하지 않고도 구할 수 있다. 또한 R_{s_root} 라는 함수는 R_{s_trial} 과 비교하기 위해 사용하는 값으로 $|R_{s_trial} - R_{s_root}|$ 의 값이 10^{-4} 보다 작은 동안에만 알고리즘이 수렴 하도록 한다.

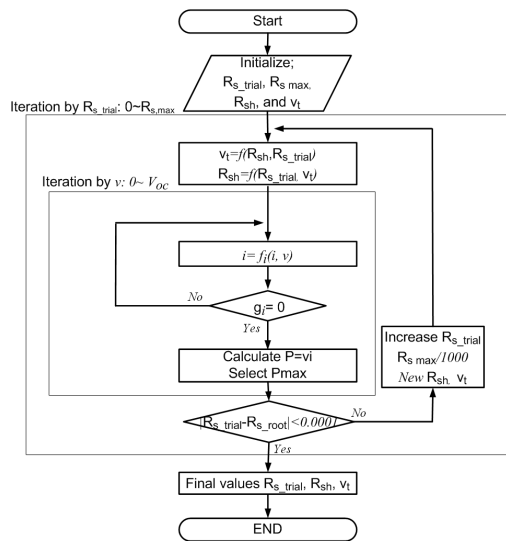


그림 3 HSK 알고리즘

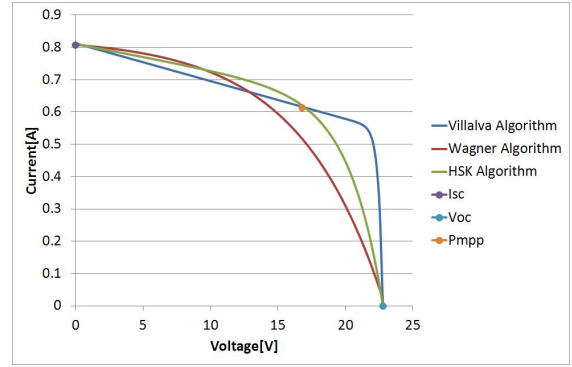


그림 4 아몰퍼스박막형 PV Panel data에 의한 알고리즘 비교

2.4 제안된 PV Cell Modeling 알고리즘 시뮬레이션

제안된 HSK 알고리즘과 Villalva, Wagner가 제시한 알고리즘을 사용하여 아몰퍼스박막형에 대하여 I V Curve를 구하면 그림 4와 같다.^{[1][2]} 기존의 알고리즘은 실제 PV cell의 I V Curve 특성과 오차가 심하게 발생한다. 또한 I V Curve를 그리기 위해서 알고리즘을 여러 번 반복해야 한다.

반면, HSK 알고리즘은 기존 방식에 비해 많이 반복하지 않고도 P_{MPP} 지점에 가깝게 접근 하는 것을 확인할 수 있었다. 또한, PV Panel의 재질에 관계없이 사용 가능함을 알 수 있었다.

3. 결론

본 논문에서는 PV Simulator를 제작하기 위해 기존의 모델을 개선한 PV Cell Modeling 알고리즘을 구현하였다. 기존의 단점을 보완하여 PV Panel의 재질에 상관없이 적용이 가능하도록 하였다. 또한, 적은 반복 횟수로도 I V Curve를 구현할 수 있고, a 의 값을 지정 하지 않아도 됨을 확인할 수 있었다.

이 논문은 카오뉴에너지의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참고 문헌

- [1] M.G.Villalva, J.R.Gazoli, E.R.Filho, "Comprehensive Approach to Modeling and Simulation of Photovoltaic Arrays", IEEE Trans. on PE, Vol. 24, No. 5, pp.1198-1208, MAY 2009
- [2] C.Bendel and A.Wagner "Photovoltaic measurement relevant to the energy yield" in Proc. WCPEC 3 World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, Osaka, Japan, 11-18 May 2003, Pr.No 7P B3 09 Page 1 of 4
- [3] D.Sera, R.Teodorescu and P.Rodriguez "PV Panel model based on datasheet values" in Proc. Industrial Electronics, 2007. ISIE 2007. IEEE International Symposium on, pp. 2392-2396
- [4] 김정중, 민병덕, 이종필, 김태진, 유동욱, 송의호 "태양전지 시뮬레이터를 위한 새로운 태양전지 특성 모의 방법" 전력 전자학회, 제9권 6호[2007] pp. 181~183 (3pages)
- [5] 김선자, 정병환, 박종찬, 최규하 "개선된 태양전지 모델링 해석" 전력전자학술대회 논문집 2004. 7. 113~116